

孙朋, 巩杰, 贾珍珍, 等. 基于通径分析的酒泉盆地绿洲化时空变化及影响因子研究[J]. 地理科学, 2016, 36(6): 902-909. [Sun Peng, Gong Jie, Jia Zhenzhen et al. Spatio-temporal Change of Jiuquan-Jinta Basin Oasis and Its Impact Factors Based on Path Analysis. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(6): 902-909.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.06.013

## 基于通径分析的酒泉盆地绿洲化 时空变化及影响因子研究

孙朋<sup>1</sup>, 巩杰<sup>1</sup>, 贾珍珍<sup>1</sup>, 谢余初<sup>1,2</sup>

(1. 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 广西师范学院北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 广西 南宁 530001)

**摘要:** 基于 Landsat 遥感影像和社会经济数据等, 重建 1963~2009 年间西北干旱区酒泉金塔盆地(酒泉盆地)绿洲空间分布图, 采用转移矩阵、绿洲动态度和通径分析法等开展酒泉盆地绿洲时空变化过程的区域差异和影响因子差异研究。结果表明: 近 50 a 来, 酒泉盆地绿洲面积呈现增加趋势, 表现为酒泉绿洲连续增长和金塔绿洲的波动式增长。酒泉绿洲扩张主要表现为绿洲边缘区的外延扩张, 金塔绿洲主要表现为绿洲边缘区和季节性河道两侧绿洲波动变化。酒泉绿洲稳定性较金塔绿洲的高, 水资源的持续供给与否决定着绿洲边缘稳定的关键, 尤其在金塔绿洲。人类活动的区域差异和政策响应程度及经济水平的差异是造成 2 个绿洲时空变化差异的内在影响因子。

**关键词:** 转移矩阵; 绿洲化; 通径分析; 酒泉金塔盆地

**中图分类号:** X144      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0690(2016)06-0902-08

土地利用变化和绿洲时空过程是干旱区全球变化研究的研究重点和难点之一<sup>[1-3]</sup>。近年来, 干旱区土地利用/覆被变化、绿洲化过程与驱动因素等研究报道较多<sup>[4-6]</sup>。绿洲土地利用变化的驱动力分析研究是自然因素和人文因素的辨析<sup>[7]</sup>。共性的认识是: 气候变化对绿洲形成与过程的影响是宏观的、连续性的<sup>[8]</sup>, 而人类活动的影响是局部的、阶段性的, 短时间尺度内人文因素在绿洲化过程当中起着主导性作用<sup>[9]</sup>。受不同区域自然环境、政策和社会经济条件的共同影响, 干旱区绿洲的时空变化及其驱动因素必然具有一定的时空差异性, 而这类对比研究报道较为鲜见。

理解较长时间尺度绿洲时空变化及其人文因素, 有助于开展人类活动的合理调控与管理。近年来, 绿洲土地利用变化的驱动力主要有定性描述和定量分析, 一些模型如系统动力学模型、Dy-

na-CLUE、Logistic 模型及主成分分析等方法的引入为土地变化过程分析带来了便利, 且多途径的模型集成研究逐渐成为驱动机制研究的趋势<sup>[9]</sup>。但已有研究报道中, 对绿洲时空变化的各个人文因素之间的直接和间接作用及其相互影响考虑较少, 尤其对政策因子的定量化考虑不足, 一定程度上制约了对绿洲变化的人文因素的有效认知。因此, 绿洲时空变化的人文因子的辨析和量化就显得极为重要和紧迫。通径分析是广泛应用于医学和教育学领域的分析方法, 常用于分析多个自变量与因变量之间的线性关系, 近年来也被应用到土地利用变化影响因子的量化和差异性研究中<sup>[10,11]</sup>。通径分析是在多元回归的基础上将相关系数加以分解, 通过直接通径、间接通径分别表示某一变量对因变量的直接作用、通过其他变量对因变量的间接作用效果<sup>[11]</sup>, 能提供更为全面更完善的决策依

**收稿日期:** 2015-03-23; **修订日期:** 2015-07-12

**基金项目:** 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2009CB421306)、兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(LZUJB-KY-2014-263)资助。[Foundation: The 973 Program of China (2009CB421306) and Fundamental Research Funds for the Central Universities (LZUJBKY-2014-263).]

**作者简介:** 孙朋(1989-), 男, 安徽亳州人, 博士研究生, 研究方向为干旱区生态水文学。E-mail: sunp2013@lzu.edu.cn

**通讯作者:** 巩杰, E-mail: jgong@lzu.edu.cn

据。因此,鉴于绿洲时空变化的人文因素的高度复杂性,本文以黑河中游酒泉金塔盆地(酒金盆地)绿洲为例,基于多途径定性和定量方法,构建中下游区域绿洲过程影响因子通径模型,开展近50 a来黑河中游绿洲时空变化及其影响因子的分异规律,可为绿洲生态环境保护、干旱区人类活动调控和可持续发展提供科学指导。

## 1 研究区概况

酒金盆地绿洲位于河西走廊中段,讨赖河(也称北大河)沿岸,地处温带荒漠气候—暖温带气候过渡带,地理位置为 $98^{\circ}12'E\sim 100^{\circ}13'E$ , $39^{\circ}10'N\sim 40^{\circ}58'N$ ,由酒泉市肃州区和金塔县组成(图1)。研究区年降水量85.3 mm,年蒸发量2 148.3 mm,年均温 $7.3^{\circ}C$ 。研究区是全国最大的玉米(*Zea mays*)、花卉、蔬菜和瓜果的制种基地。讨赖河及其沿岸水库是主要灌溉水源。肃州区为酒泉市政府驻地,金塔绿洲为鸳鸯池水库灌区。近几十年来,由于作为市辖区肃州区与下游金塔绿洲不同的发展模式和条件,二者绿洲过程差异趋势愈发明显。

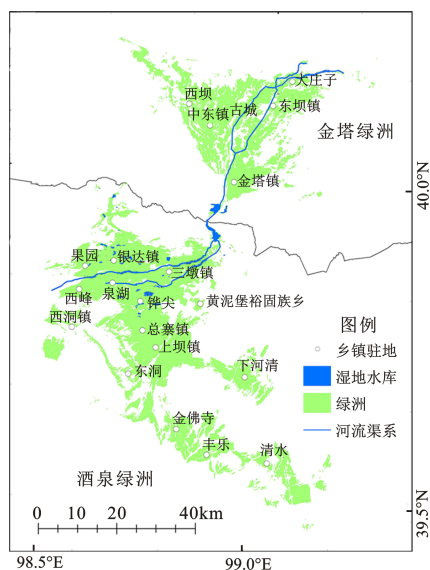


图1 研究区区位示意图

Fig.1 Location of the study area

## 2 研究方法

### 2.1 数据预处理

研究数据组成为3部分:① 遥感影像数据:共

选取12期遥感影像重建绿洲信息。分别是1963年和1968年的Keyhole与KATE-200卫片(分辨率为 $7.5\text{ m}\times 7.5\text{ m}$ );1973年和1978年的MSS航片(分辨率为 $79\text{ m}\times 79\text{ m}$ );1986年、1990年、1996年、1999年、2002年、2006年和2009年的TM/ETM影像(分辨率 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$ )。② 社会经济数据:1949~2009年金塔县和肃州区《社会经济统计年鉴》<sup>[12,13]</sup>。③ 自然背景因子:降水量、平均气温和径流量、地方史志,主要来源于当地相关机构部门。对影像进行几何精校正、辐射校正和图像增强等预处理,将研究区土地覆被分为耕地、林地、草地、水域、城镇建设用地以及未利用地共6种景观类型,其中,耕地、草地、林地、水体和城镇建设用地5种景观类型归为绿洲,未利用地为荒漠。并对影像进行判读和参照已有研究对解译进行验证<sup>[14]</sup>,建立拓扑关系进行目视解译。通过2009年和2010年的3次野外实地验证工作,即利用实地验证(选取各地类解译随机选点共600个,结合Google earth高分辨率影像和实地验证对近10 a解译验证)、结合地形图验证与农户访谈(50~70岁农民312位)描述1963~1999年解译结果,结果表明绿洲的主体类型植被(耕地、林地与草地)的分类精度为90.76%,城镇居民地与水域的分类精度87.35%,绿洲分类总体精度达到88.19%,Kappa系数为89.26%,符合研究要求。同时构建社会经济数据库、研究区基础数据矢量库,以因子为类别的绿洲影响因子数据库;基于ArcGIS平台,重建绿洲时空分布图,引入通径分析模型进行梳理和影响因子分析。

### 2.2 绿洲时空变化分析

#### 2.2.1 绿洲土地利用变化动态度

参照单一土地利用类型动态度模型<sup>[15-17]</sup>,研究所采用的绿洲土地利用变化模型如下:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中 $K$ 为研究时段内某一土地利用类型动态度; $U_a$ 、 $U_b$ 分别为研究期初及研究期末绿洲面积的数量; $T$ 为研究时段长,当 $T$ 的时段设定为年时, $K$ 的值就是研究区某一时间段的绿洲年变化率。

#### 2.2.2 转移矩阵

采用绿洲时空转移矩阵来反映绿洲与非绿洲(荒漠)相互转化的状态<sup>[18,19]</sup>,

### 2.3 通径分析模型构建

通径分析是研究自变量之间、自变量与因变

量之间相互影响关系,描述各个自变量对因变量的直接和间接影响程度的模型<sup>[12,13,20,21]</sup>。如一过程设有  $n$  个自变量,这些变量间的相关系数为  $r_{ij}$ ,各自变量与因变量  $Y$  之间的相关系数可以构成求解通径系数的标准化正规方程(式2)。

$$\begin{aligned} r_{11}\rho + r_{12}\rho + \Lambda_{1p}\rho_p &= r_{1y} \\ r_{21}\rho + r_{22}\rho + \Lambda_{2p}\rho_p &= r_{2y} \\ \dots \\ r_{p1}\rho + r_{p2}\rho + \Lambda_{pp}\rho_p &= r_{py} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \Lambda \\ \rho_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \Lambda \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \Lambda \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ c_{p1} & c_{p2} & c_{p3} & \Lambda \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ \Lambda \\ r_{py} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: $\rho_1$ 、 $\rho_2$ 、 $\Lambda$ 、 $\rho_p$  为直接通径系数,可通过上述相关矩阵的逆矩阵计算而得。假设  $c_{ij}$  为  $r_{ij}$  相关矩阵,那么通径系数  $\rho(i=1,2,\Lambda,\rho)$  为(式3)。剩余通径系数的计算公式为:

$$\rho_e = \sqrt{1-r^2} \quad (4)$$

式中: $\rho_e$  表示剩余通径系数, $r$  表示相关系数,模型构建和实现主要通过 Excel 与 SPSS 平台相结合实现<sup>[21]</sup>。

结合前人研究<sup>[7-9]</sup>和研究区多时段大范围的实地调研,短期内研究区绿洲变化的主要影响因子有:① 自然环境背景因子,即地形地貌、气候、土壤等绿洲景观变化的背景因子,短时间尺度内地形地貌等变化甚微,可忽略不计。② 受中下游绿洲发展体系和进程影响,假设相对较稳定的地理环境下,社会经济因子对发展迥异的中下游区域变化起重

要作用。因此模型选取国家和地方的土地、农业、经济、人口、环境政策等人文因子。本研究选取的影响绿洲进程的因子及其解读见表1,并作出影响路径假设。采用标准化处理以消除不同因子的量纲的影响<sup>[22]</sup>,以便进行绿洲时空变化的动因分析。

### 3 结果与分析

#### 3.1 绿洲时空变化特征

##### 3.1.1 绿洲面积重建与绿洲时空变化动态度

从绿洲面积重建结果可以看出(图2a),研究区近 50 a 来绿洲面积总体呈波动上升趋势,且前期变化幅度相对缓慢,1996 年后绿洲面积激增,同时在中下游阶段绿洲在总体整张的趋势下,二者表现出极显著的区域差异,且金塔绿洲规模整体小于酒泉绿洲。在 1963~1996 年,酒泉绿洲化进程呈波动式上升 144.47 km<sup>2</sup>,而金塔绿洲变率起伏较大,前 33 a 绿洲面积净变化-3.7 km<sup>2</sup>,并在 1963 年、1977 年和 1990~1996 年出现绿洲较小值;1996~2009 年间绿洲都呈快速增长趋势(图 2a 灰色部分),且金塔绿洲增长速率(65.14%)远大于酒泉绿洲(16.50%),表现出金塔绿洲可塑性较强,易受干扰,且响应迅速。

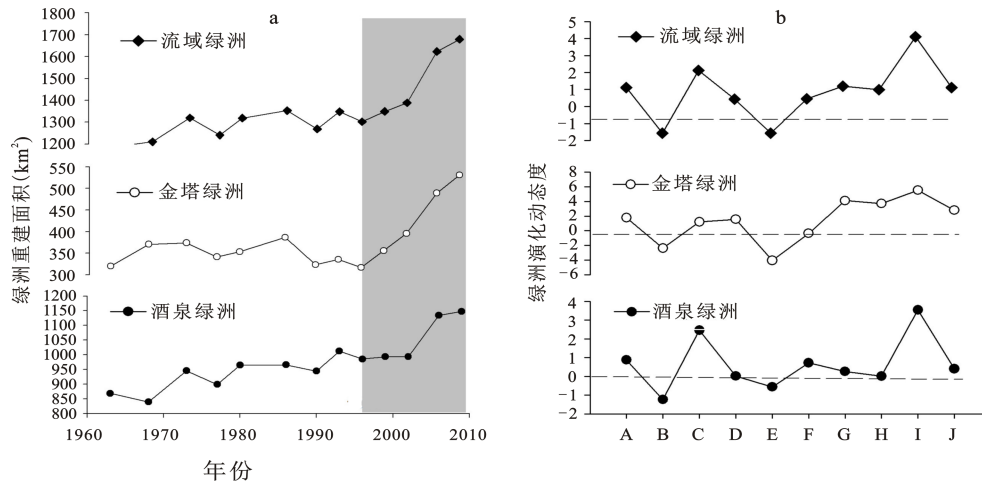
酒金盆地绿洲的总体和动态度时间序列变化见图 2b。表明绿洲总体呈现不稳定的状态,起伏变化幅度较为剧烈。近 50 a 来酒泉绿洲动态度变化幅度在-1~3 之间,在 1973~1977 年出现低值,1977~1980 年,2002~2006 年出现峰值,酒泉绿洲发展是相对稳定的一个过程;金塔绿洲动态度变化

表1 酒金盆地绿洲时空变化的通径分析模型因子及其说明

Table 1 Factor analysis for the path analysis model of Jiuquan-Jinta Basin Oasis

影响因子		因子选择解读	单位	影响路径假设
开垦行为	农业机械化动力 ( $X_5$ )	大规模开垦成为可能	kW	开垦→耕地面积
	工农产值比 ( $X_{11}$ )		%	工农结构比→中下游差异
经济提升	固定资产投资 ( $X_9$ )	扩大发展	万元	投资差异→中下游发展差异
	农民人均纯收入 ( $X_7$ )	投资的资本前提	元/a	收入变化→农业投入→绿洲变化
人口增长	人口数 ( $X_1$ )	更多土地需求	人	人口→生活、生存空间需求—面积变迁
	农业人口 ( $X_2$ )	耕地是绿洲的主体	人	农业人口→耕地面积
城市化	城镇化水平 ( $X_3$ )	城市化的扩张需求	%	城市化→城镇面积变迁→中下游差异
灌溉设施	机电井数量 ( $X_8$ )	维持绿洲稳定和持续	眼	机电井→绿洲灌溉与可持续
产量保证	农用化肥量 ( $X_6$ )	耕地的现代化因子	t	化肥使用→产量提高→种地积极性→扩张
	粮食单产 ( $X_4$ )		kg/km <sup>2</sup>	粮食产量→种地积极性→扩张
经济效益	种植结构比 ( $X_{10}$ )	粮食作物与经济作物当年的种植面积比例	%	经济效益→种植面积变化
水资源	径流量 ( $X_{12}$ )		10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	水资源→灌溉条件→耕、林和草地变化→中下游差异





注:A,1963~1973年;B,1973~1977年;C,1977~1980年;D,1980~1986年;E,1986~1990年;F,1990~1996年;  
G,1996~1999年;H,1999~2002年;I,2002~2006年;J,2006~2009年。

图2 1963~2009年酒金盆地绿洲面积变化(a)及绿洲过程动态度(b)

Fig.2 The area change(a) and dynamic attitude(b) of Jiuquan-Jinta Basin Oasis in 1963-2009

范围在-4.1~5.7之间,起伏变化剧烈,中下游又呈现出不同的差异性,且下游区域变化幅度最大。总体绿洲下游是一个剧烈动态变化不稳定的地理单元,酒泉绿洲相对稳定。

### 3.1.2 绿洲空间转化分析

1963~2009年中下游绿洲-荒漠转化和净变化量的特征如表2所示。酒泉绿洲净变化为227.15 km²,而金塔绿洲面积净变化仅为51.42 km²,绿洲下游区域绿洲变化规模远小于绿洲中游,同时表现为同一流域阶段的绿洲扩张与绿洲萎缩(荒漠化)并存,如1977~1980年和1990~1996年2个时期酒泉绿洲面积的净增长变化与金塔绿洲的萎缩并存。在金塔绿洲1973~1980年和1980~1986年出现大规模的绿洲扩张的同时发生了更大幅度的绿洲现象,酒泉绿洲在1973~1977年和1980~1990年间也出现这种现象的发生。绿洲扩张有分别在金塔绿洲1963~1973年和1996~2009年和中游绿洲的相似年份。20世纪90年代末期后绿洲基本都呈增加趋势,其中金塔绿洲面积增加60.6 km²,酒泉绿洲面积增加了162.2 km²。

由图3可以发现,近50 a来酒金盆地绿洲时空变化的特点有:绿洲扩张范围大于萎缩范围,且金塔绿洲变化范围大于酒泉绿洲区。酒泉和金塔绿洲的扩张方式不同,酒泉绿洲表现为大规模的边缘侵吞开垦,如黄泥堡、下河清等乡镇;绿洲内部变化主要发生在河道两侧,而处于下游的金塔绿

洲时空变化主要发生在边缘区,其主要原因是农场开垦、移民安置和小规模自由开荒等。在绿洲边缘区,随着耕地扩张和灌溉设施建设促进了绿洲的外缘扩张,这有利于外缘区和绿洲-荒漠过渡性地带的草地维持,一定程度上有利于绿洲的稳定性保持和维护。

### 3.2 绿洲时空变化的影响因子模型与通径分析

利用公式(3)和(4)获得影响酒泉、金塔绿洲变化的各个因子之间的直接通径系数和间接通径系数(表3)。可见,对酒泉绿洲时空变化直接影响较大的因子分别是:人口总数(6.48)、城镇化水平(-4.12)、固定资产投资(-5.07)、人均收入(4.34)等,表现出以经济社会的快速发展对该区的影响最大。间接影响因子中,酒泉绿洲的灌溉和城市用水主要来源于讨赖河,河流径流量通过农业人口(-3.49)和机电井数量(3.68)和城镇化水平(3.92)等间接影响着绿洲的时空变化;机电井数量通过农业人口(4.22)和粮食单产(-4.11)也在一定程度上影响着绿洲的变化。人文和政策因子对金塔绿洲时空变化的作用值整体较小。直接影响金塔绿洲时空变化的因子有:人口(2.41)、农业人口(-2.131)、机电井数量(-1.84)和种植结构比例(-1.94)等。与农业相关的因子直接影响着金塔绿洲时空变化。农业化肥使用量通过人口(-1.68)和城镇化水平(1.55)间接影响着绿洲变化,农民人均纯收入通过农业人口(-1.47)和粮食单产(1.72)等

表2 酒泉盆地绿洲面积转移矩阵(km<sup>2</sup>)  
Table 2 The transfer matrix of Jiuquan-Jinta Basin Oasis(km<sup>2</sup>)

类 型		时段 (年)									
		1963~1973	1973~1977	1977~1980	1980~1986	1986~1990	1990~1996	1996~1999	1999~2002	2002~2006	2006~2009
金塔绿洲	荒漠-绿洲	30.712	12.240	26.536	26.017	18.209	6.357	20.419	20.789	21.405	22.170
	绿洲-荒漠	16.602	26.429	34.071	12.811	32.194	8.097	8.916	7.188	3.631	4.292
	净变化	+14.110	-14.189	-7.535	+13.205	-13.985	-1.740	+11.503	+13.601	+17.774	+17.878
酒泉绿洲	荒漠-绿洲	87.15	91.47	165.32	122.09	75.64	186.37	78.11	66.25	169.56	70.04
	绿洲-荒漠	62.31	137.61	99.77	128.19	89.24	145.66	70.08	66.33	25.27	59.11
	净变化	+24.84	-46.14	+65.55	-6.1	-13.6	+40.71	+8.03	-0.08	+144.29	+10.93

注：“+”代表绿洲面积净增加；“-”代表绿洲面积净减少。

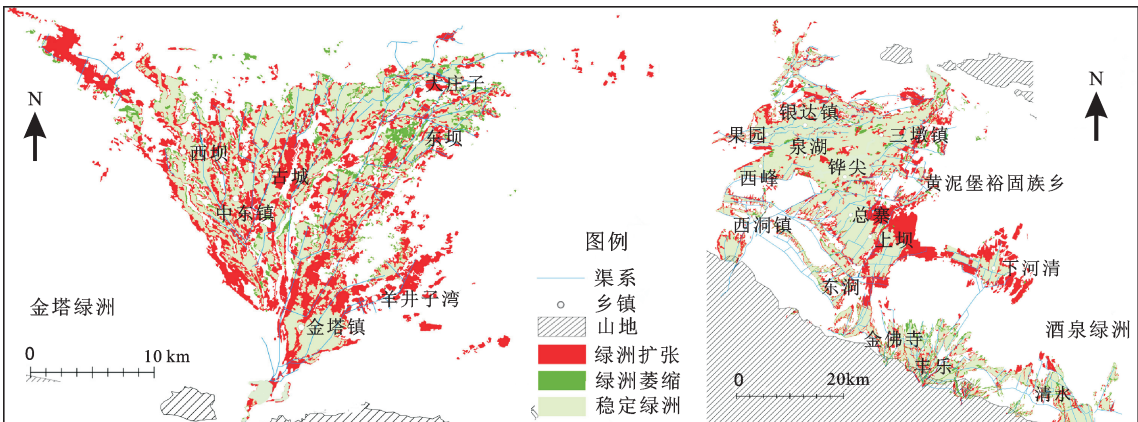


图3 1963~2009年间酒泉盆地绿洲空间转化  
Fig.3 The spatial change and transformation of Jiuquan-Jinta Basin Oasis in 1963-2009

促进了绿洲的扩张。农业机械化动力通过农业人口(1.79)影响绿洲的时空变化。总的来说,金塔绿洲时空变化主要农业人口、农业经济效益等因素的影响,表现在耕地扩张、提高土地生产效益和提高粮食产量等方面。科技进步、灌溉条件和种植技术的改善使得以农业生产为主的金塔绿洲时空变化尤为明显。

4 讨论

绿洲变化影响因子较为复杂,同一流域仍存在较大的区域差异性,尤其是下游流域尾间绿洲波动起伏最大,加剧生态环境脆弱程度,无序扩张带来地下水水位过度开采进而危及干旱区尾间绿洲存在<sup>[5]</sup>。研究区在地形地貌在短尺度相对稳定的背景环境下,气候条件的变化主要为降水、温度和径流量的变化,图4可以看出流域年均气温不断升高,气温升高可能增加土地的光热生产潜力,同时会导致蒸发量的增加,加剧土地干旱程度,抑制

绿洲的扩张。流域年降水量不断波动变化,由于年蒸发量远大于年降水量,大气降水少不足以支撑绿洲的开发和发展。因此,降水量对绿洲变化产生的影响相对较弱。自然因子的弱化影响已在类似干旱绿洲区域取得较为一致的认知<sup>[4,8,10,14]</sup>。

基于通径分析定量分析自变量对变量的优势,多在耕地增长和城市扩张的影响因子上进行研究<sup>[7,10,11,22]</sup>。有学者运用通径分析法用于研究土壤积盐的影响因素<sup>[23]</sup>、城市建设用地扩张的影响因素<sup>[24]</sup>、军校医学生心理应激影响因素<sup>[25]</sup>等领域,都取得了较好的效果。但研究主要集中在单一的土地类型,如耕地的扩张增长和城市化进程上,绿洲的研究相对缺乏。研究通过通径分析计算金塔绿洲的剩余通径系数(公式5)为0.095,表明所选因子能够较准确的表征金塔绿洲时空变化的动因,灌溉条件和科技进步是影响金塔绿洲变化的主要因素;而酒泉绿洲剩余通径系数为0.233,说明所选的人文因子对酒泉绿洲时空变化的表征是准确

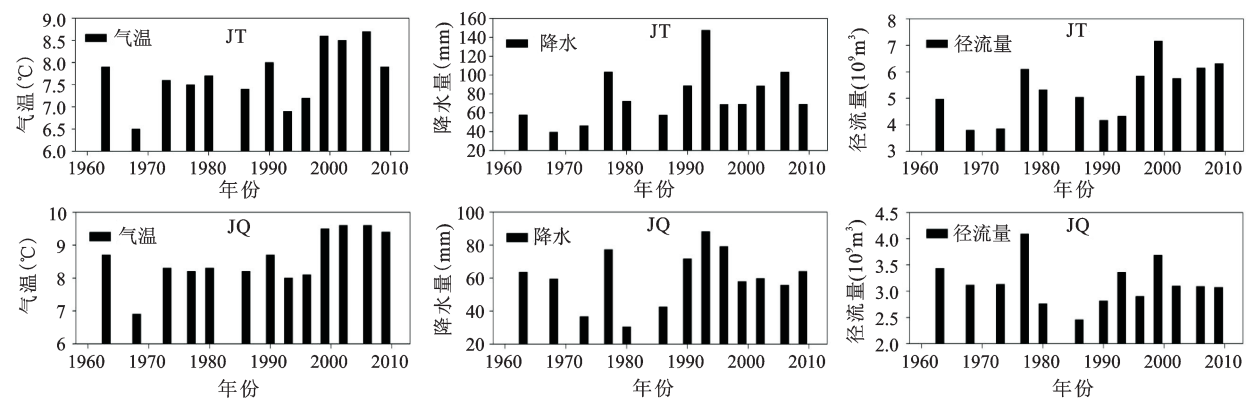
表3  酒泉盆地绿洲时空变化的影响因子及其通径系数

Table 3  The impact factor and its coefficient index of Jiuquan-Jinta Basin Oasis

JT	相关	直接通径系数	间接通径系数											
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>
X <sub>1</sub>	0.52	2.41	—											
X <sub>2</sub>	0.37	-2.13	-0.01	—										
X <sub>3</sub>	0.77	0.57	-0.05	-0.01	—									
X <sub>4</sub>	0.37	-0.88	1.01	0.03	0.01	—								
X <sub>5</sub>	0.85	0.52	-0.04	1.79	0.05	0.02	—							
X <sub>6</sub>	0.62	-0.77	-1.68	-0.06	1.55	0.04	0.01	—						
X <sub>7</sub>	0.80	0.73	0.59	-1.47	-0.04	1.72	0.04	-0.03	—					
X <sub>8</sub>	0.58	-1.84	0.53	0.71	-1.62	-0.06	1.53	0.04	0.02	—				
X <sub>9</sub>	0.87	-0.06	0.38	0.51	0.56	-1.67	-0.03	1.88	0.05	0.01	—			
X <sub>10</sub>	-0.48	-1.94	-0.69	0.50	0.53	0.69	-1.68	-0.05	1.59	0.04	0.00	—		
X <sub>11</sub>	0.31	0.06	0.43	-0.82	0.39	0.46	0.54	-1.71	-0.03	1.81	0.05	0.04	—	
X <sub>12</sub>	-0.16	-0.19	-2.09	0.50	-0.82	0.44	0.50	0.62	-1.79	-0.04	1.83	0.05	0.03	—

JQ	相关	直接通径系数	间接通径系数											
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>
X <sub>1</sub>	0.89	6.48	—											
X <sub>2</sub>	0.67	-1.11	-0.31	—										
X <sub>3</sub>	0.79	-4.12	-1.67	0.13	—									
X <sub>4</sub>	0.80	-3.32	-0.43	2.82	-0.28	—								
X <sub>5</sub>	0.91	1.27	-2.44	-1.15	1.87	-0.43	—							
X <sub>6</sub>	0.75	-2.53	1.37	-4.43	-0.86	2.68	-0.41	—						
X <sub>7</sub>	0.88	4.35	3.06	1.71	-2.52	-0.82	1.87	-0.47	—					
X <sub>8</sub>	0.81	1.84	-1.87	4.20	1.55	-4.11	-1.08	2.59	-0.41	—				
X <sub>9</sub>	0.81	-5.07	1.09	-2.07	3.30	1.75	-2.32	-1.41	1.96	-0.36	—			
X <sub>10</sub>	-0.41	1.88	-2.26	1.18	-1.46	4.22	1.16	-4.37	-0.87	2.63	-0.35	—		
X <sub>11</sub>	0.79	3.11	-1.72	-2.98	0.84	-2.15	2.29	1.69	-1.48	-1.28	1.47	-0.27	—	
X <sub>12</sub>	0.52	-0.64	-0.93	-3.49	-3.07	1.21	-2.16	3.92	1.69	-3.68	-1.25	2.54	-0.37	—

注: JT 指金塔绿洲, JQ 指酒泉绿洲, X 指代见表 1。



注: JT 指金塔绿洲, JQ 指酒泉绿洲。

图4  金塔绿洲与酒泉绿洲1963~2009年气温、降水量与径流量变化趋势

Fig.4  Temperature, precipitation and runoff in Jinta and Jiuquan Oasis in 1963-2009

的,城镇化和经济发展是酒泉绿洲时空变化的主要影响因子,同时也表明酒泉绿洲时空变化的人文因子的影响相对于金塔绿洲而言更为复杂,因此将城市化纳入影响绿洲时空变化的影响因子进行综合分析将是未来研究的重点之一。

## 5 结论

研究基于多源遥感影像解译、社会经济数据和通径分析开展1963~2009年黑河中游酒泉金塔盆地绿洲时空变化及其影响因素对比研究,通过分析得出以下结论:

酒金盆地绿洲面积呈现增加趋势,且流域内中下游区域变化差异较大。通过各时段的绿洲转移矩阵和空间转换叠置分析,绿洲扩张范围大于萎缩范围,酒泉绿洲扩张表现为大规模的边缘侵吞开垦和金塔绿洲的时空变化主要发生在边缘区零散土地开垦。

通过引入通径分析定量分析自变量对变量的优势,量化研究区绿洲变化区域差异的影响因子,可以较好的分析绿洲中下游主要受制因素,其中酒泉绿洲时空变化的主要影响因子以城镇化和经济发展为主,同时影响金塔绿洲变化的主要因素是以及灌溉条件和科技进步为主。绿洲的生存与水的存在息息相关,径流量的大小成为影响绿洲发展的重要自然因子,尤其是以草地等存在为主的荒草地区域。因此,区别对待不同绿洲的水土资源开发和环境保护,并因时制宜,因地制宜制定绿洲资源开发和社会经济发展与管理政策,是确保干旱区可持续发展的关键。

## 参考文献(References):

- [1] 刘纪远, 邓祥征. LUCC时空过程研究的方法进展[J]. 科学通报, 2009, 54(21): 3251-3258. [Liu Jiyuan, Deng Xiangzheng. Progress of the research methodologies on the temporal and spatial process of LUCC. Chinese Science Bulletin, 2009, 54(21): 3251-3258.]
- [2] 申元村, 汪久文, 伍光和, 等. 中国绿洲[M]. 开封: 河南大学出版社, 2001: 1-28. [Shen Yuancun, Wang Jiuwen, Wu Guanghe et al. China oasis. Kaifeng: Henan University Press, 2001: 1-28.]
- [3] Lambin E F, Meyfroidt P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011, 108(9): 3465-3472.
- [4] 贾宝全. 绿洲景观若干理论问题的探讨[J]. 干旱区地理, 1996, 19(3): 58-65. [Jia Baoquan. Approach to some theoretical problems on oasis landscape. Arid Land Geography, 1996, 19(3): 58-65.]
- [5] Li Y, Qi X, Dong S et al. Farmland use changes in oasis areas in the middle and lower reaches of Shiyang River Basin, Gansu Province of China[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 117-121.
- [6] 许英勤, 徐曼. 塔里木河下游垦区绿洲景观格局变化分析[J]. 干旱区地理, 2004, 27(2): 193-198. [Xu Yingqin, Xu Man. Analysis on the change of the oasis landscape patterns in the reclamation area in the lower reaches of the Tarim River. Arid Land Geography, 2004, 27(2): 193-198.]
- [7] 何英彬, 姚艳敏, 唐华俊, 等. 土地利用/覆盖变化驱动力机制研究新进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(2): 190-195. [He Yingbin, Yao Yanmin, Tang Huajun et al. An overview on progress of land use and land cover change dynamics. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(2): 190-195.]
- [8] 张宏, 樊自立. 气候变化和人类活动对塔里木盆地绿洲演化的影响[J]. 中国沙漠, 1998, 18(4): 14-19. [Zhang Hong, Fan Zili. The impacts of climate change and human activity on evolution of oasis in Tarim Basin. Journal of Desert Research, 1998, 18(4): 14-19.]
- [9] Verburg P H, Overmars K P. Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model[J]. Landscape Ecology, 2009, 24(9): 1167-1181.
- [10] 朱家彪, 杨伟平, 粟卫民. 基于多元逐步回归与通径分析的临澧县建设用地驱动力研究[J]. 经济地理, 2008, 28(3): 488-491, 507. [Zhu Jiabiao, Yang Weiping, Su Weimin. Analysis of the driving influence mechanism of Linli county based on the multiples regression analysis law and path analysis. Economic Geography, 2008, 28(3): 488-491, 507.]
- [11] 鲁春阳, 文枫, 杨庆媛. 城市土地利用结构影响因素的通径分析——以重庆市为例[J]. 地理科学, 2012, 32(8): 936-943. [Lu Chunyang, Wen Feng, Yang Qingyuan. Path analysis on the influencing factors of urban land use structure: a case study of Chongqing. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(8): 936-943.]
- [12] 金塔县统计局. 金塔县社会经济统计年鉴[J]. 酒泉: 金塔统计局, 1949-2009. [Jinta Bureau of Statistics, Jinta social and economic statistical yearbook[J]. Jiuquan: Jinta Bureau of Statistics, 1949-2009.]
- [13] 肃州区统计局. 肃州区统计年鉴[J]. 酒泉: 肃州统计局, 1949-2009. [Suzhou Bureau of Statistics, Suzhou statistical yearbook[J]. Jiuquan: Suzhou Bureau of Statistics, 1949-2009.]
- [14] 巩杰, 谢余初, 高彦净, 等. 1963-2009年金塔绿洲变化对绿洲景观格局的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(3): 603-612. [Gong Jie, Xie Yuchu, Gao Yanjing et al. Spatio-temporal change and its effects on landscape pattern of Jinta Oasis in Arid China from 1963 to 2009. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(3): 603-612.]
- [15] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87. [Wang Xiulan, Bao Yuhai. Study on the methods of land use dynamic change research. Progress



- in Geography, 1999, 18(1): 81-87.]
- [16] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650. [Zhu Huiyi, Li Xiubin. Discussion on the index method of regional land use change. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(5): 643-650.]
- [17] 林兴周. 临泽绿洲时空变化过程及其驱动机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2013. [Lin Xingzhou. Research on spatiotemporal changes process and driving forces mechanism in Linze Oasis Lanzhou: Lanzhou: Lanzhou: Lanzhou University, 2013.]
- [18] 王宏卫, 塔西甫拉提·特依拜. 干旱区盐渍地遥感动态监测及其驱动力研究——以渭干河-库车河三角洲绿洲为例[J]. 干旱区地理, 2009, 32(3): 445-453. [Wang Hongwei, Tashpolat Tiyp. Remote sensing dynamic monitor and drying force of soil salinization in arid area. Arid Land Geography, 2009, 32(3): 445-453.]
- [19] 田文婷, 颜耀文, 陈云海. 近50a高台县绿洲时空变化研究[J]. 干旱区研究, 2013, 30(6): 1122-1128. [Tian Wenting, Jie Yaowen, Chen Yunhai. Spatiotemporal change of the oasis in Gaotai County in recent 50 years. Arid Zone Research, 2013, 30(6): 1122-1128.]
- [20] Mao R Z, Fitzpatrick R W, Liu X J, et al. Chemical properties of selected soils from the North Plain[C]//McVicar T.R., Li Rui, et al. Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia. ACIAR Monograph NO.2002,84,173-186.
- [21] 杜家菊, 陈志伟. 使用SPSS线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报, 2010, 45(2): 4-6. [Du Jiaju, Chen Zhiwei. Method of path analysis with SPSS linear regression. Bulletin of Biology, 2010, 45(2): 4-6.]
- [22] 邓胜华, 梅昀, 陈曲, 等. 基于对应分析的城市建设用地扩张研究——以武汉市为例[J]. 资源科学, 2010, 32(9): 1746-1751. [Deng Shenghua, Mei Yun, Chen Qu et al. A study on urban construction land expansion based on correspondence analysis: a case study of Wuhan City, Hubei Province. Resources Science, 2010, 32(9): 1746-1751.]
- [23] 李春华, 李宁, 史培军. 湖北省耕地面积变化影响因素的通径分析[J]. 生态经济, 2007(2): 42-45. [Li Chunhua, Li Ning, Shi Peijun. The path analysis and its application study on correlation research of cultivated land change in Hubei Province. Ecological Economy, 2007(2): 42-45.]
- [24] 毛任钊, 张妙仙, 张玉铭. 海河低平原盐渍涝洼区表层土壤积盐影响因素通径分析[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 50-53. [Mao Renzhao, Zhang Miaoxian, Zhang Yuming. Path analysis on the factors affecting salt accumulation of topsoil in a depression of Hai River Plain. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2004, 12(2): 50-53.]
- [25] 师晓宁, 刘晓虹, 徐燕, 等. 军校医学生心理应激影响因素的通径分析[J]. 心理科学, 2005, 28(1): 76-79. [Shi Xiaoning, Liu Xiaohong, Xu Yan et al. A path analysis of influencing factors of psychological stress in military medical students. Psychological Science, 2005, 28(1): 76-79.]

## Spatiotemporal Change of Jiuquan-Jinta Basin Oasis and Its Impact Factors Based on Path Analysis

Sun Peng<sup>1</sup>, Gong Jie<sup>1</sup>, Jia Zhenzhen<sup>1</sup>, Xie Yuchu<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Ministry of Education, College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China; 2. Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, Guangxi, China)

**Abstract:** Based on the landsat images and social economical data, the oasis distribution map in 1963-2009 were reconstructed via GIS technology, path analysis, transfer matrix and correlation analysis were used to explore the differences of spatiotemporal change and its impact factors of Jiuquan-Jinta Basin in NW China. In this study, the land covers were divided into two categories: oasis and desert. And the oasis included farmland, woodland, grassland, water and residential area which based on classification criteria; the other one are desert. The results showed that: 1) The oasis area increased gradually from 1 189.04 km<sup>2</sup> in 1963 to 1 678.99 km<sup>2</sup> in 2009, Jiuquan Oasis increased in its edge area with a relatively stable upward trend, while Jinta Oasis increased in its fringes and both sides of the seasonal river with a fluctuation way. 2) The stability of Jiuquan Oasis is higher than that of Jinta Oasis, the stability of the oasis were determined mostly by the sustainable supply degree of water resource, especially in Jinta Oasis. Regional difference on human activities, the degree of the responding rate to policy, and the economic and development level were the main factors which affected the spatiotemporal change between Jiuquan and Jinta Oasis.

**Key words:** transfer matrix; oasisification; path analysis; Jiuquan-Jinta Basin